

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-68604

(P2003-68604A)

(43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/027		C 0 2 B 19/00	2 H 0 5 2
G 0 2 B 19/00		27/18	Z 5 F 0 4 6
27/09		G 0 3 F 7/20	5 2 1
27/18		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
G 0 3 F 7/20	5 2 1	C 0 2 B 27/00	E
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-252363(P2001-252363)

(22) 出願日 平成13年8月23日(2001.8.23)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 豊田 光紀

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

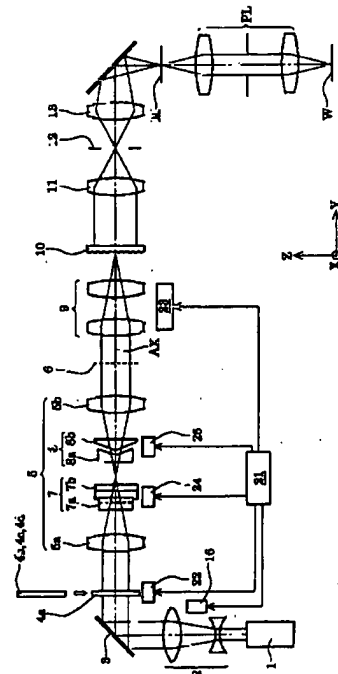
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光源からの光束の中心軸線を光学系の基準光軸に対して位置合わせすることのできる照明光学装置。

【解決手段】 光源(1)とマイクロレンズアレイ(10)との間の光路中に配置されて光源からの光束を所定の断面形状を有する光束に変換する光束変換素子(4)を含み、マイクロレンズアレイの入射面上に所定形状の照野を形成する照野形成光学系(4~9)と、マイクロレンズアレイの入射面と光束変換素子との間の光路中に配置された光分割部材(14)と、マイクロレンズアレイの入射面と光学的にほぼ共役な位置に配置されて、光分割部材により分割された光束を受光する光電変換素子(15)と、光電変換素子からの出力に基づいて光源からの光束と所定面との位置関係を求める演算部(21)とを備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、前記光源と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて前記光源からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子を含み、該光束変換素子からの光束に基づいて前記オプティカルインテグレータに対して所定の位置関係を有する所定面上に所定形状の照野を形成するための照野形成光学系と、前記所定面と前記光束変換素子との間の光路中に配置された光分割部材と、前記所定面と光学的にほぼ共役な位置に配置されて、前記光分割部材により分割された光束を受光するための光電変換素子と、前記光電変換素子に接続されて、前記光電変換素子からの出力に基づいて前記光源からの光束と前記所定面との位置関係を求める演算部とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】 前記照野形成光学系は、前記所定面上に形成される前記照野の大きさを变化させるための変倍光学系を有することを特徴とする請求項1に記載の照明光学装置。

【請求項3】 前記照野形成光学系は、第1方向に沿った稜線を有する第1V溝アキシコン系を有することを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学装置。

【請求項4】 前記照野形成光学系は、円錐状屈折面を有する円錐アキシコン系と、前記第1方向と直交する第2方向に沿った稜線を有する第2V溝アキシコン系とのうちの少なくとも一方を有することを特徴とする請求項3に記載の照明光学装置。

【請求項5】 前記光束変換素子は、照明光路に対して切り換え可能な複数の回折光学素子を有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項6】 前記複数の回折光学素子は、前記照明光学装置の調整に際して照明光路に設定すべき調整用回折光学素子を有することを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。

【請求項7】 光源からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、第1方向に沿った稜線を有する第1V溝アキシコン系を有し、前記光源からの光束に基づいて前記オプティカルインテグレータに対して所定の位置関係を有する所定面上に所定形状の照野を形成するための照野形成光学系と、

前記所定面と前記第1V溝アキシコン系との間の光路中に配置された光分割部材と、

前記所定面と光学的にほぼ共役な位置に配置されて、前記光分割部材により分割された光束を受光するための光電変換素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項8】 前記照野形成光学系は、円錐状屈折面を有する円錐アキシコン系と、前記第1方向と直交する第2方向に沿った稜線を有する第2V溝アキシコン系とのうちの少なくとも一方を有することを特徴とする請求項7に記載の照明光学装置。

【請求項9】 前記照野形成光学系は、前記光源からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子を有することを特徴とする請求項7または8に記載の照明光学装置。

【請求項10】 前記光束変換素子は、照明光路に対して切り換え可能な複数の回折光学素子を有することを特徴とする請求項9に記載の照明光学装置。

【請求項11】 前記複数の回折光学素子は、前記照明光学装置の調整に際して照明光路に設定すべき調整用回折光学素子を有することを特徴とする請求項10に記載の照明光学装置。

【請求項12】 前記オプティカルインテグレータは、縦横に配列されたレンズ要素からなる波面分割型のオプティカルインテグレータを有し、前記波面分割型のオプティカルインテグレータの入射面は、前記所定面の位置またはその近傍の位置に位置決めされていることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項13】 請求項1乃至12のいずれか1項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項14】 前記光源と前記光分割部材との間の光路中に配置されて前記光源からの光束の位置または方向を調整するための光束調整器を備え、

前記光束調整器は前記演算部からの出力に応じて前記光束の位置または方向を調整することを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

【請求項15】 請求項13または14に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマ

イクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置の調整に関する。

【0002】

【従来の技術】この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束がフライアイレンズに入射し、その後側焦点面に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。開口絞りは、所望の照明条件（露光条件）に応じて、二次光源の形状または大きさを所望の形状または大きさに制限する。

【0003】コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】近年においては、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部（光透過部）の大きさを变化させることにより、照明のコヒーレンシ $\sigma$ （ $\sigma$ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは $\sigma$ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数）を变化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部の形状を輪帯状や四つ穴状（すなわち4極状）に設定することにより、フライアイレンズにより形成される二次光源の形状を輪帯状や4極状に制限して、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、二次光源の形状を輪帯状や4極状に制限して変形照明（輪帯照明や4極照明）を行うために、フライアイレンズにより形成された比較的大きな二次光源からの光束を輪帯状や4極状の開口部を有する開口絞りによって単に制限すると、二次光源からの光束の相当部分が開口絞りで遮蔽され、照明（露光）に寄与することがない。その結果、開口絞りにおける光量損失により、マスクおよびウェハ上での照度が低下し、露光装置としてのスループットも低下する。

【0006】そこで、たとえば回折光学素子を介して輪帯状や4極状に変換した光束をフライアイレンズに入射させ、フライアイレンズの射出側に輪帯状または4極状の二次光源を形成する構成が考えられている。この場合、回折光学素子を介してフライアイレンズの入射面に輪帯状や4極状の照野が形成され、その結果、フライアイレンズの後側焦点面には照野とほぼ同じ光強度分布（たとえば輪帯状や4極状）を有する二次光源が形成され、開口絞りによる光量損失を低減することができる。

【0007】ここで、光源からの光束の中心軸線が照明光学系の基準光軸に対して傾いていると、すなわち光束の中心軸線が回折光学素子の光軸に対して傾いていると、フライアイレンズの入射面に形成される照野の位置が所定の基準位置から位置ずれする。その結果、フライアイレンズの後側焦点面に形成される二次光源の位置も所定の基準位置から位置ずれし、被照射面（マスク）において光束のテレセントリシティが崩れるという不都合があった。

【0008】また、回折光学素子とフライアイレンズとの間の光路中に稜線が互いに直交する一対のV溝アキシコン系を配置する構成も提案されている。この構成では、一対のV溝アキシコン系の稜線部分に起因して、フライアイレンズの入射面において照度の低い十字状の影が形成される。このとき、一方のV溝アキシコン系に起因して形成される縦方向の影の幅と、他方のV溝アキシコン系に起因して形成される横方向の影の幅とが実質的に異なると、ウェハ上に転写されるパターンの線幅が縦方向と横方向とで異なってしまうという不都合があった。また、回折光学素子とフライアイレンズとの間の光路中に円錐アキシコン系を配置する構成も提案されているが、この構成においても、円錐アキシコン系の頂点部分に起因して、フライアイレンズの入射面において照度の低いスポット状の影が形成される。このとき、円状の影の位置が光軸から外れると、被照射面（マスク）における光束のテレセントリシティが崩れ、またウェハ上に転写されるパターンの線幅が縦方向と横方向とで異なる不都合がある。

【0009】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、光源からの光束の中心軸線を光学系の基準光軸に対して位置合わせすることを目的とする。また、一方のV溝アキシコン系に起因して形成される縦方向の影の幅と他方のV溝アキシコン系に起因して形成される横方向の影の幅とをほぼ一致させることを目的とする。また、円錐アキシコン系に起因して形成される影の位置を光学系の基準光軸に対して位置合わせすることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、光源からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオブティカルインテグレータと、該オブティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、前記光源と前記オブティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて前記光源からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子を含み、該光束変換素子からの光束に基づいて前記オブティカルインテグレータに対して所定の位置関係を有する所定面上に所定形状の照野を形成するための照野形成光学系と、前記所定面

と前記光束変換素子との間の光路中に配置された光分割部材と、前記所定面と光学的にほぼ共役な位置に配置されて、前記光分割部材により分割された光束を受光するための光電変換素子と、前記光電変換素子に接続されて、前記光電変換素子からの出力に基づいて前記光源からの光束と前記所定面との位置関係を求める演算部とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0011】第1発明の好ましい態様によれば、前記照野形成光学系は、前記所定面上に形成される前記照野の大きさを变化させるための変倍光学系を有する。また、前記照野形成光学系は、第1方向に沿った稜線を有する第1V溝アキシコン系を有することが好ましい。この場合、前記照野形成光学系は、円錐状屈折面を有する円錐アキシコン系と、前記第1方向と直交する第2方向に沿った稜線を有する第2V溝アキシコン系とのうちの少なくとも一方を有することが好ましい。さらに、前記光束変換素子は、照明光路に対して切り換え可能な複数の回折光学素子を有することが好ましい。この場合、前記複数の回折光学素子は、前記照明光学装置の調整に際して照明光路に設定すべき調整用回折光学素子を有することが好ましい。

【0012】本発明の第2発明では、光源からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、第1方向に沿った稜線を有する第1V溝アキシコン系を有し、前記光源からの光束に基づいて前記オプティカルインテグレータに対して所定の位置関係を有する所定面上に所定形状の照野を形成するための照野形成光学系と、前記所定面と前記第1V溝アキシコン系との間の光路中に配置された光分割部材と、前記所定面と光学的にほぼ共役な位置に配置されて、前記光分割部材により分割された光束を受光するための光電変換素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0013】第2発明の好ましい態様によれば、前記照野形成光学系は、円錐状屈折面を有する円錐アキシコン系と、前記第1方向と直交する第2方向に沿った稜線を有する第2V溝アキシコン系とのうちの少なくとも一方を有する。また、前記照野形成光学系は、前記光源からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子を有することが好ましい。この場合、前記光束変換素子は、照明光路に対して切り換え可能な複数の回折光学素子を有することが好ましい。また、この場合、前記複数の回折光学素子は、前記照明光学装置の調整に際して照明光路に設定すべき調整用回折光学素子を有することが好ましい。

【0014】第1発明および第2発明の好ましい態様によれば、前記オプティカルインテグレータは、縦横に配

列されたレンズ要素からなる波面分割型のオプティカルインテグレータを有し、前記波面分割型のオプティカルインテグレータの入射面は、前記所定面の位置またはその近傍の位置に位置決めされている。

【0015】本発明の第3発明では、第1発明または第2発明の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記光源と前記光分割部材との間の光路中に配置されて前記光源からの光束の位置または方向を調整するための光束調整器を備え、前記光束調整器は前記演算部からの出力に応じて前記光束の位置または方向を調整することが好ましい。

【0016】本発明の第4発明では、第3発明の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【0017】本発明の別の局面によれば、第1発明の照明光学装置の調整方法において、前記光電変換素子の受光面に形成される照野の位置の基準位置に対する位置ずれに基づいて、前記光源からの光束の中心軸線を光学系の基準光軸に対して位置合わせすることを特徴とする調整方法を提供する。ここで、前記変倍光学系の焦点距離を变化させたときに前記光電変換素子の受光面に形成される照野の位置の基準位置に対する位置ずれに基づいて、前記変倍光学系の光軸を前記基準光軸に対して位置合わせすることが好ましい。この場合、前記光束の中心軸線の前記基準光軸に対する位置合わせに先立って、前記変倍光学系の光軸の前記基準光軸に対する位置合わせを行うことが好ましい。また、前記光電変換素子の受光面における光強度分布に基づいて、前記第1V溝アキシコン系の稜線部分に起因して前記受光面上に形成される第1の直線状の影の幅と、前記第2V溝アキシコン系の稜線部分に起因して前記受光面上に形成される第2の直線状の影の幅とをほぼ一致させることが好ましい。

【0018】本発明のさらに別の局面によれば、第2発明の照明光学装置の調整方法において、前記光電変換素子の受光面における光強度分布に基づいて、前記第1V溝アキシコン系の稜線部分に起因して前記受光面上に形成される第1の直線状の影の幅と、前記第2V溝アキシコン系の稜線部分に起因して前記受光面上に形成される第2の直線状の影の幅とをほぼ一致させることを特徴とする調整方法を提供する。ここで、前記第1の直線状の影の幅と前記第2の直線状の影の幅とをほぼ一致させるために、前記第1V溝アキシコン系の間隔および前記第2V溝アキシコン系の間隔のうちの少なくとも一方を变化させることが好ましい。また、前記第1の直線状の影の幅と前記第2の直線状の影の幅とをほぼ一致させるために、前記第1V溝アキシコン系および前記第2V溝ア

キシコン系のうちの少なくとも一方を交換することが好ましい。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハ面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハ面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。なお、図1では、照明光学装置が4極照明を行うように設定されている。

【0020】図1の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源1として、たとえば248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザー光源や193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザー光源を備えている。光源1からZ方向に沿って射出されたほぼ平行光束は、X方向に沿って細長く延びた矩形の断面を有し、一对のレンズ2aおよび2bからなるビームエキスパンダー2に入射する。各レンズ2aおよび2bは、図1の紙面内（YZ平面内）において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー2に入射した光束は、図1の紙面内において拡大され、所定の矩形の断面を有する光束に整形される。

【0021】整形光学系としてのビームエキスパンダー2を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー3でY方向に偏向された後、4極照明用の回折光学素子（DOE）4aに入射する。一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、4極照明用の回折光学素子4aは、矩形の断面を有する平行光束が入射した場合、ファークフィールド（フラウンホーファー回折領域）において4極状の光強度分布を形成する機能を有する。このように、回折光学素子4aは、光源1からの光束を4極状の光束に変換するための光束変換素子を構成している。

【0022】なお、回折光学素子4aは、照明光路に対して挿脱自在に構成され、輪帯照明用の回折光学素子4bや円形照明用の回折光学素子4cや調整用の回折光学素子4dと切り換え可能に構成されている。輪帯照明用の回折光学素子4b、通常円形照明用の回折光学素子4cおよび調整用の回折光学素子4dの構成および作用については後述する。ここで、4極照明用の回折光学素子4aと輪帯照明用の回折光学素子4bと円形照明用の回折光学素子4cと調整用の回折光学素子4dとの間の切り換えは、制御系21からの指令に基づいて動作する第1駆動系22により行われる。

【0023】光束変換素子としての回折光学素子4aを

介した光束は、アフォーカルレンズ（リレー光学系）5に入射する。アフォーカルレンズ5は、その前側焦点位置と回折光学素子4aの位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面6の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。したがって、回折光学素子4aに入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ5の瞳面に4極状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ5から射出される。

【0024】なお、アフォーカルレンズ5の前側レンズ群5aと後側レンズ群5bとの間の光路中には、光源側から順に、第1V溝アキシコン系7および第2V溝アキシコン系8が配置されているが、その詳細な構成および作用については後述する。以下、説明を簡単にするために、これらのアキシコン系7および8の作用を無視して、第1実施形態の基本的な構成および作用を説明する。

【0025】アフォーカルレンズ5を介した光束は、所定面6を通過した後、たとえば3群構成を有する $\sigma$ 値可変用のズームレンズ（変倍光学系）9を介して、波面分割型のオプティカルインテグレートであるマイクロレンズアレイ10に入射する。マイクロレンズアレイ10は、縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロレンズアレイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

【0026】ここで、マイクロレンズアレイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロレンズアレイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズが互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロレンズアレイはフライアイレンズと同じである。なお、図1では、図面の明瞭化のために、マイクロレンズアレイ10を構成する微小レンズの数を実際よりも非常に少なく表している。

【0027】なお、所定面6の位置はズームレンズ9の前側焦点位置の近傍に配置され、マイクロレンズアレイ10の入射面はズームレンズ9の後側焦点位置の近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ9は、所定面6とマイクロレンズアレイ10の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ5の瞳面とマイクロレンズアレイ10の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。なお、ズームレンズ9の焦点距離の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第2駆動系23により行われる。

【0028】こうして、マイクロレンズアレイ10の入射面上には、アフォーカルレンズ5の瞳面と同様に、た

例えば光軸AXに対して対称的に偏心した4つの照野からなる4極状の照野が形成される。ここで、4極状の照野を構成する各照野の形状は回折光学素子4aの特性に依存するが、ここでは4つの円形状の照野からなる4極状の照野が形成されるものとする。この4極状の照野の全体形状は、ズームレンズ9の焦点距離に依存して相似的に変化する。

【0029】なお、マイクロレンズアレイ10を構成する各微小レンズは、マスクM上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハW上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形の断面を有する。マイクロレンズアレイ10に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面（ひいては照明光学系の瞳）にはマイクロレンズアレイ10への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXに対して対称的に偏心した4つの円形状の実質的な面光源からなる4極状の二次光源が形成される。

【0030】マイクロレンズアレイ10の後側焦点面に形成された4極状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系11の集光作用を受けた後、照明視野絞りとしてのマスクブラインド12を重畳的に照明する。マスクブラインド12の矩形の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系13の集光作用を受けた後、マスクMを重畳的に照明する。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハW上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面（XY平面）内においてウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。

【0031】なお、一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は正方形に近い矩形状であり、マイクロレンズアレイ10の各微小レンズの断面形状も正方形に近い矩形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は短辺と長辺との比がたとえば1:3の矩形状であり、マイクロレンズアレイ10の各微小レンズの断面形状もこれと相似な矩形状となる。

【0032】図2は、第1実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された一対のアキシコン系の構成を概略的に示す斜視図である。第1実施形態では、図2に示すように、アフォーカルレンズ5の前側レンズ群5aと後側レンズ群5bとの間の光路中に、光源側から順に、第1V溝ア

キシコン系7および第2V溝アキシコン系8が配置されている。

【0033】第1V溝アキシコン系7は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状で且つV字状の屈折面を向けた第1プリズム部材7aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つV字状の屈折面を向けた第2プリズム部材7bとから構成されている。第1プリズム部材7aの凹状屈折面は2つの平面から構成され、その交線（すなわち稜線）はZ方向に沿って延びている。第2プリズム部材7bの凸状屈折面は、第1プリズム部材7aの凹状屈折面と互いに当接可能なように、換言すると第1プリズム部材7aの凹状屈折面と相補的に形成されている。

【0034】すなわち、第2プリズム部材7bの凸状屈折面も2つの平面から構成され、その交線（稜線）はZ方向に沿って延びている。また、第1プリズム部材7aおよび第2プリズム部材7bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材7aの凹状屈折面と第2プリズム部材7bの凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第1V溝アキシコン系7の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第3駆動系24（図1参照）により行われる。

【0035】一方、第2V溝アキシコン系8は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状でV字状の屈折面を向けた第1プリズム部材8aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つV字状の屈折面を向けた第2プリズム部材8bとから構成されている。第1プリズム部材8aの凹状屈折面は2つの平面から構成され、その交線（稜線）はX方向に沿って延びている。第2プリズム部材8bの凸状屈折面は、第1プリズム部材8aの凹状屈折面と相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム部材8bの凸状屈折面も2つの平面から構成され、その交線（稜線）はX方向に沿って延びている。

【0036】また、第1プリズム部材8aおよび第2プリズム部材8bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材8aの凹状屈折面と第2プリズム部材8bの凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第2V溝アキシコン系8の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第4駆動系25（図1参照）により行われる。以上のように、第1V溝アキシコン系7と第2V溝アキシコン系8とは、互いに直交する稜線を有する一対のV溝アキシコン系を構成している。

【0037】ここで、対向する凹状屈折面と凸状屈折面とが互いに当接している状態では、第1V溝アキシコン系7および第2V溝アキシコン系8は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1V溝アキシコン系7は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、Z方向に沿って平行平板として機能するが、X方向に沿ってビームエキ

スパンダーとして機能する。また、第2V溝アキシコン系8は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、X方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

【0038】したがって、第1V溝アキシコン系7の間隔の変化に伴って、所定面6への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面6への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面に形成される二次光源を構成する4つの円形状の面光源は、Z方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したままX方向に移動する。一方、第2V溝アキシコン系8の間隔の変化に伴って、所定面6への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面6への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化する。その結果、4つの円形状の面光源は、X方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したままZ方向に移動する。

【0039】さらに、第1V溝アキシコン系7の間隔および第2V溝アキシコン系8の間隔がともに変化すると、所定面6への入射光束のX方向に沿った入射角度およびZ方向に沿った入射角度はともに変化する。その結果、4つの円形状の面光源は、その形状および大きさを維持したままZ方向およびX方向に移動する。なお、前述したように、ズームレンズ9の焦点距離が変化すると、4つの円形状の面光源は、その形状およびその中心位置を維持したまま、その大きさが相似的に変化する。

【0040】ところで、前述したように、回折光学素子4aは、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ輪帯照明用の回折光学素子4bや円形照明用の回折光学素子4dや調整用の回折光学素子4dと切り換え可能に構成されている。以下、回折光学素子4aに代えて回折光学素子4bを照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。

【0041】4極照明用の回折光学素子4aに代えて輪帯照明用の回折光学素子4bを照明光路中に設定すると、回折光学素子4bを介した光束は、アフォーカルレンズ5に入射し、その瞳面に輪帯状の光強度分布を形成する。輪帯状の光強度分布からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ5から射出され、ズームレンズ9を介してマイクロレンズアレイ10の入射面に、光軸AXを中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、入射面に形成された照野とほぼ同じ光強度を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした輪帯状の二次光源が形成される。この場合、ズームレンズ9の焦点距離の変化させると、輪帯状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。

【0042】次いで、回折光学素子4aまたは4bに代えて円形照明用の回折光学素子4cを照明光路中に設定することによって得られる円形照明について説明する。

円形照明用の回折光学素子4cは、入射した矩形の光束を円形状の光束に変換する機能を有する。したがって、回折光学素子4cを介して形成された円形状の光束は、アフォーカルレンズ5に入射し、その瞳面に円形状の光強度分布を形成する。円形状の光強度分布からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ5から射出され、ズームレンズ9を介してマイクロレンズアレイ10の入射面に、光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、入射面に形成された照野とほぼ同じ光強度を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした円形状の二次光源が形成される。この場合、ズームレンズ9の焦点距離の変化させると、円形状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。

【0043】こうして、輪帯照明では、第1V溝アキシコン系7、第2V溝アキシコン系8、およびズームレンズ9の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。また、円形照明では、第1V溝アキシコン系7、第2V溝アキシコン系8、およびズームレンズ41の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0044】図3は、第1実施形態の要部構成を概略的に示す図である。第1実施形態では、図3に示すように、ズームレンズ9とマイクロレンズアレイ10との間の光路中に光分割部材としてのハーフミラー14が配置されている。そして、ハーフミラー14に入射した光束のうち、ハーフミラー14で反射された大部分の光束はマイクロレンズアレイ10の入射面に所定形状の照野を形成し、ハーフミラー14を透過した残部の光束は光電変換素子15に入射する。なお、光電変換素子15として、CCDやPSD (Position Sensitive Detector) などを用いることができる。

【0045】ここで、光電変換素子15の受光面は、マイクロレンズアレイ10の入射面と光学的にほぼ共役に配置されている。したがって、ハーフミラー14を介して分割された光束は、光電変換素子15の受光面に、マイクロレンズアレイ10の入射面上に形成される照野と同じ照野を形成する。光電変換素子15の出力信号は、制御系21へ供給される。なお、図1では、図面の明瞭化のために、ハーフミラー14および光電変換素子15の図示を省略し、ズームレンズ9とマイクロレンズアレイ10とを直線状の光軸に沿って配置しているが、実際には図3に示すように光軸AXはハーフミラー14によって折り曲げられている。

【0046】図4は、マイクロレンズアレイの入射面に形成される照野の位置が所定の基準位置から位置ずれして形成される様子を示す図である。第1実施形態では、光源1からの光束の中心軸線が照明光学系(1~13)の基準光軸AXに対して傾いていると、すなわち光束の中心軸線が回折光学素子4の光軸に対して傾いていると、図4に示すように、マイクロレンズアレイ10の入射面に形成される照野(図中斜線部で示す)の位置が所定の基準位置(図中破線で示す)から位置ずれする。

【0047】その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面に形成される二次光源の位置も所定の基準位置から位置ずれし、ひいてはマスクMおよびウェハWにおいて光束のテレセントリシティが崩れてしまう。具体的には、回折光学素子4に入射する光束の中心軸線が基準光軸AXに対して角度 $\theta$ だけ傾いているとき、ズームレンズ9の焦点距離を $f$ とすると、マイクロレンズアレイ10の入射面における照野の位置の基準位置からの位置ずれ量 $\Delta$ は、次の式(1)で表される。

$$\theta = \Delta / f \quad (1)$$

【0048】図5は、一対のV溝アキシコン系の稜線部分に起因してマイクロレンズアレイの入射面において照度の低い十字状の影が形成される様子を示す図である。図5を参照すると、マイクロレンズアレイ10の入射面において、Z方向に沿った稜線を有する第1V溝アキシコン系7に起因して縦方向の直線状の影(照度の低い領域)51が形成され、X方向に沿った稜線を有する第2V溝アキシコン系8に起因して横方向の直線状の影52が形成される。ここで、縦方向の影51の幅W1と横方向の影52の幅W2とが実質的に異なると、ウェハW上に転写されるパターンの線幅が縦方向と横方向とで異なってしまう。

【0049】そこで、第1実施形態では、装置の調整に際して、4極照明用の回折光学素子4a、輪帯照明用の回折光学素子4bまたは円形照明用の回折光学素子4cに代えて、調整用の回折光学素子4dを照明光路に設定する。ここで、調整用の回折光学素子4dは、4極照明用の回折光学素子4a、輪帯照明用の回折光学素子4bまたは円形照明用の回折光学素子4cと同様の機能を有するが、マイクロレンズアレイ10の入射面に形成される照野の大きさが回折光学素子4a~4cの場合よりも小さくなるように設定されている。換言すれば、マイクロレンズアレイ10の入射面よりも実質的に小さい光電変換素子15の受光面に合わせた大きさの照野が形成されるように設定されている。

【0050】調整用の回折光学素子4dとして4極照明用の回折光学素子を用いる場合、光電変換素子15の受光面には、図6(a)に示すような4極状の照野が形成される。図6(a)において、斜線部は4極状の照野を構成する各円形状の照野を示し、破線は一対のV溝アキシコン系7および8の稜線部分に起因して形成される十

字状の影を示している。図6(a)に示すように、光電変換素子15の受光面に形成される4極状の照野は、十字状の影の影響を全く受けない。

【0051】こうして、調整用の回折光学素子4dとして4極照明用の回折光学素子を照明光路に設定した状態でズームレンズ9の焦点距離 $f$ を変化させると、ズームレンズ9の光軸が基準光軸AXと一致していない場合、光電変換素子15の受光面に形成される4極状の照野の大きさが相似的に拡大または縮小するとともに、その位置が所定の基準位置から位置ずれする。換言すれば、ズームレンズ9の光軸が基準光軸AXと一致していない場合、ズームレンズ9の焦点距離 $f$ の変化に伴って、各円形状の照野の中心位置が変動する。

【0052】そこで、第1実施形態では、制御系21が光電変換素子15の出力信号に基づいて、光電変換素子15の受光面に形成される各円形状の照野の中心位置を求める。そして、制御系21は、ズームレンズ9の焦点距離 $f$ の変化に伴って各円形状の照野の中心位置が変動しないように、たとえば第2駆動系23を介してズームレンズ9の光軸を調整駆動する。その結果、ズームレンズ9の光軸を基準光軸AXに対して位置合わせすることができる。

【0053】次いで、制御系21は光電変換素子15からの出力信号に基づいて、光電変換素子15の受光面に形成される4極状の照野の中心位置(各円形状の照野の中心位置を結ぶ四角形の中心位置)と光電変換素子15の受光面の基準点(ひいては基準光軸AX)との位置関係を求める。そして、制御系21は、4極状の照野の中心位置と光電変換素子15の受光面の基準点とが一致するように、すなわち4極状の照野の形成位置がその基準位置と一致するように、光束調整器16(図1参照)を介して光源1からの光束の位置または方向を調整する。その結果、光源1からの光束の中心軸線を基準光軸AXに対して位置合わせすることができる。

【0054】なお、光電変換素子15の受光面の基準点は、マイクロレンズアレイ10の入射面に形成される4極状の照野の中心位置が基準光軸AXと一致するように調整された状態において光電変換素子15の受光面に形成される4極状の照野の中心位置として初期設定される。また、光源1からの光束の位置または方向を調整するための光束調整器として、露光装置に搭載されている光軸自動追尾機構を利用することができる。光軸自動追尾機構に関する詳細については、例えば特開平8-293461号公報、特開平11-145033号公報、特開平11-251220号公報、特開2000-315639号公報などを参照することができる。

【0055】なお、上述の説明では、調整用の回折光学素子4dとして4極照明用の回折光学素子を用いているが、これに限定されることなく、輪帯照明用の回折光学素子または円形照明用の回折光学素子を用いることもで

きる。ここで、調整用の回折光学素子4 dとして輪帯照明用の回折光学素子を用いる場合、図6 (b) に示すような輪帯状の照野が光電変換素子15の受光面に形成される。この場合、輪帯状の照野は十字状の影の影響を受けるが、4極状の照野の場合と同様に、ズームレンズ9の光軸を基準光軸AXに対して位置合わせするとともに、光源1からの光束の中心軸線を基準光軸AXに対して位置合わせすることができる。

【0056】一方、調整用の回折光学素子4 dとして円形照明用の回折光学素子を用いる場合、図6 (c) に示すような円形状の照野が光電変換素子15の受光面に形成される。この場合、円形状の照野も十字状の影の影響を受けるが、4極状の照野の場合および輪帯状の照野の場合と同様に、ズームレンズ9の光軸を基準光軸AXに対して位置合わせするとともに、光源1からの光束の中心軸線を基準光軸AXに対して位置合わせすることができる。

【0057】ところで、調整用の回折光学素子4 dとして4極照明用の回折光学素子または円形照明用の回折光学素子を用いる場合、図6 (b) および (c) に示すように、光電変換素子15の受光面に形成される輪帯状の照野または円形状の照野は十字状の影の影響を受ける。そこで、第1実施形態では、調整用の回折光学素子4 dとして4極照明用の回折光学素子または円形照明用の回折光学素子を照明光路に設定した状態で、制御系21が光電変換素子15の出力信号に基づいて、光電変換素子15の受光面に形成される縦方向の影の幅W1および横方向の影の幅W2を求める。

【0058】そして、制御系21は、縦方向の影の幅W1と横方向の影の幅W2とが一致するように、第3駆動系24または第4駆動系25を介して、第1V溝アキシコン系7の間隔または第2V溝アキシコン系8の間隔を調整する。その結果、第1V溝アキシコン系7に起因して形成される縦方向の影の幅W1と第2V溝アキシコン系8に起因して形成される横方向の影の幅W2とを一致させることができる。なお、必要に応じて第1V溝アキシコン系7または第2V溝アキシコン系8を交換することにより、縦方向の影の幅W1と横方向の影の幅W2とを一致させることもできる。

【0059】なお、上述の説明では、縦方向の影の幅W1と横方向の影の幅W2とを一致させることに着目しているが、縦方向の影の位置および横方向の影の位置を基準光軸AXに対して位置合わせすることも必要である。この場合、制御系21は、光電変換素子15の出力信号に基づいて、光電変換素子15の受光面に形成される縦方向の影の位置および横方向の影の位置を求める。そして、制御系21は、縦方向の影の位置および横方向の影の位置を基準光軸AXに対して位置合わせするために、たとえば第3駆動系24または第4駆動系25を介して、第1V溝アキシコン系7および第2V溝アキシコン

系8を駆動調整する。

【0060】また、上述の説明では、マイクロレンズアレイ10の入射面に対して光電変換素子15の受光面が実質的に小さいことを想定し、装置の調整に際して調整用の回折光学素子4 dを用いている。しかしながら、光電変換素子15の受光面を十分に大きく設定可能な場合には、調整用の回折光学素子4 dを用いることなく、変形照明用の回折光学素子4 aおよび4 bや通常照明用の回折光学素子4 cを用いて装置の調整を行うことができる。

【0061】さらに、上述の説明では、アフォーカルレンズ5の光路中に一对のV溝アキシコン系7および8が配置されているが、これに限定されることなく、一对のV溝アキシコン系に対して円錐アキシコン系を付設した変形例や、一方のV溝アキシコン系に代えて円錐アキシコン系を配置した変形例や、一方のV溝アキシコン系だけを配置した変形例や、一对のV溝アキシコン系に代えて円錐アキシコン系だけを配置した変形例などに本発明を適用することができる。

【0062】円錐アキシコン系を含む変形例の場合、アフォーカルレンズ5の光路中に配置された円錐アキシコン系は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を向けた第1プリズム部材と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第2プリズム部材とから構成される。そして、第1プリズム部材の凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材の凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成される。また、第1プリズム部材および第2プリズム部材のうち少なくとも一方の部材が光軸AXに沿って移動可能に構成され、円錐アキシコン系の間隔が可変に構成される。

【0063】この場合、円錐アキシコン系の頂点部分（凹円錐状の屈折面の頂点および凸円錐状の屈折面の頂点）に起因して、スポット状の影がマイクロレンズアレイ10の入射面（ひいては光電変換素子15の受光面）に形成されるが、このスポット状の影を基準光軸AXに対して位置合わせすることが必要である。そこで、この変形例では、制御系21が光電変換素子15の出力信号に基づいて、スポット状の影の位置を求める。そして、制御系21は、スポット状の影の位置を基準光軸AXに対して位置合わせするために、円錐アキシコン系を駆動調整する。

【0064】また、V溝アキシコン系を1組だけ含む変形例の場合、1本の直線状の影がマイクロレンズアレイ10の入射面（ひいては光電変換素子15の受光面）に形成されるが、この直線状の影を基準光軸AXに対して位置合わせすることが必要である。そこで、この変形例では、制御系21が光電変換素子15の出力信号に基づいて、直線状の影の位置を求める。そして、制御系21は、直線状の影の位置を基準光軸AXに対して位置合

せするために、V溝アキシコン系を駆動調整する。

【0065】図7は、本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第2実施形態は、第1実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第2実施形態では、波面分割型のオプティカルインテグレータ（マイクロレンズアレイ10）に代えて、内面反射型のオプティカルインテグレータ（ロッド型インテグレータ40）を用いている点が第1実施形態と基本的に相違している。以下、第1実施形態との相違点に着目して、第2実施形態を説明する。

【0066】第2実施形態では、マイクロレンズアレイ10に代えてロッド型インテグレータ40を配置していることに対応して、回折光学素子4とロッド型インテグレータ40との間の光路中に、光源側から順に、ズームレンズ41およびインプットレンズ42を配置している。また、照明視野絞りとしてのマスクブラインド12は、ロッド型インテグレータ40の射出面の近傍に配置されている。

【0067】ここで、ズームレンズ41は、その前側焦点位置が回折光学素子4の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置が図中破線で示す所定面43の位置とほぼ一致するように配置されている。なお、ズームレンズ41の焦点距離の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系26により行われる。また、インプットレンズ42は、その前側焦点位置がズームレンズ41の後側焦点位置（すなわち所定面43の位置）とほぼ一致し且つその後側焦点位置がロッド型インテグレータ40の入射面の位置とほぼ一致するように配置されている。

【0068】ロッド型インテグレータ40は、石英ガラスや蛍石のような硝子材料からなる内面反射型のガラスロッドであり、内部と外部との境界面すなわち内面での全反射を利用して集光点を通りロッド入射面に平行な面に沿って内面反射数に応じた数の光源像を形成する。ここで、形成される光源像のほとんどは虚像であるが、中心（集光点）の光源像のみが実像となる。すなわち、ロッド型インテグレータ40に入射した光束は内面反射により角度方向に分割され、集光点を通りその入射面に平行な面に沿って多数の光源像からなる二次光源が形成される。

【0069】したがって、第2実施形態の4極照明（輪帯照明または円形照明）では、照明光路に選択的に設置された回折光学素子4a（4bまたは4c）を通過した光束が、ズームレンズ41を介して、その後側焦点位置（すなわち所定面43の位置）に4極状（輪帯状または円形状）の照野を形成する。4極状（輪帯状または円形状）の照野からの光束は、インプットレンズ42を介して、ロッド型インテグレータ40の入射面の近傍に集光する。

【0070】こうして、ロッド型インテグレータ40によりその入射側に形成された4極状（輪帯状または円形

状）の二次光源からの光束は、その射出面において重畳された後、マスクブラインド12および結像光学系13を介して、所定のパターンが形成されたマスクMを照明する。なお、第2実施形態では、ズームレンズ41の前側レンズ群41aと後側レンズ群41bとの間の光路中に、光源側から順に、第1V溝アキシコン系7および第2V溝アキシコン系8が配置されている。

【0071】したがって、第2実施形態の4極照明においても第1実施形態と同様に、4極照明用の回折光学素子4aを選択的に用いるとともに、第1V溝アキシコン系7、第2V溝アキシコン系8、およびズームレンズ41の作用を利用することにより、4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0072】また、第2実施形態の輪帯照明においても第1実施形態と同様に、輪帯照明用の回折光学素子4bを選択的に用いるとともに、第1V溝アキシコン系7、第2V溝アキシコン系8、およびズームレンズ41の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0073】さらに、第2実施形態の円形照明においても第1実施形態と同様に、円形照明用の回折光学素子4cを選択的に用いるとともに、第1V溝アキシコン系7、第2V溝アキシコン系8、およびズームレンズ41の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0074】第2実施形態では、照野が形成される所定面43とズームレンズ41との間の光路中に光分割部材としてのハーフミラー14を配置し、ハーフミラー14を介して分割された光束を光電変換素子15で受光している。ここで、光電変換素子15の受光面は、照野が形成される所定面43と光学的に共役に配置されている。したがって、第2実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0075】上述の各実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板上に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の各実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図8のフローチャートを

参照して説明する。

【0076】先ず、図8のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトリソが塗布される。その後、ステップ303において、上述の各実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトリソの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

【0077】また、上述の各実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、上述の各実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

【0078】次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

【0079】その後、モジュール組み立て工程404に

て、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

【0080】なお、上述の各実施形態では、照明光学装置を備えた露光装置を例にとりて本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の照明光学装置では、光源からの光束の中心軸線を光学系の基準光軸に対して位置合わせすることができる。また、一方のV溝アキシコン系に起因して形成される縦方向の影の幅と他方のV溝アキシコン系に起因して形成される横方向の影の幅とをほぼ一致させることができる。したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】第1実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された一対のアキシコン系の構成を概略的に示す斜視図である。

【図3】第1実施形態の要部構成を概略的に示す図である。

【図4】マイクロレンズアレイの入射面に形成される照野の位置が所定の基準位置から位置ずれして形成される様子を示す図である。

【図5】一対のV溝アキシコン系の稜線部分に起因してマイクロレンズアレイの入射面において照度の低い十字状の影が形成される様子を示す図である。

【図6】調整用の回折光学素子を用いたときに光電変換素子の受光面に形成される照野を示す図である。

【図7】本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図8】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図9】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

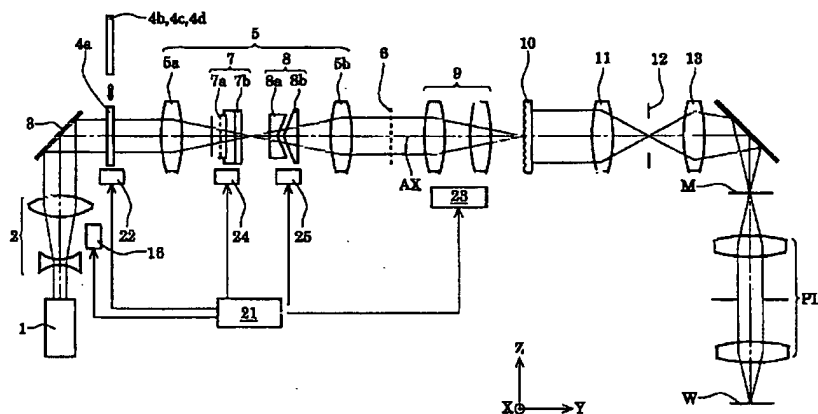
【符号の説明】

- 1 光源
- 4 回折光学素子
- 5 アフォーカルレンズ
- 6 所定面
- 7, 8 V溝アキシコン系

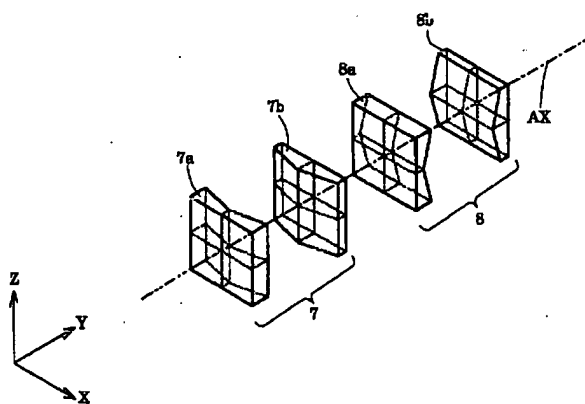
- 9 ズームレンズ
- 10 マイクロレンズアレイ
- 11 コンデンサー光学系
- 12 マスクブラインド
- 13 結像光学系
- 14 ハーフミラー
- 15 光電変換素子
- 16 光束調整器

- 40 ロッド型インテグレータ  
41 ズームレンズ  
42 インพุットレンズ  
M マスク  
PL 投影光学系  
W ウェハ  
21 制御系  
22～26 駆動系

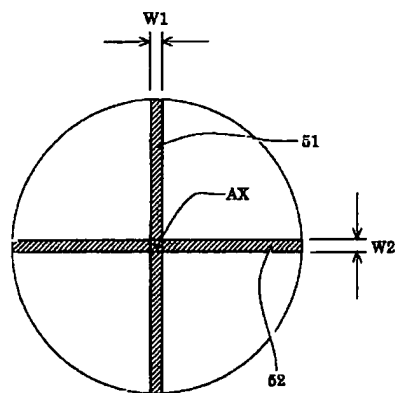
【図1】



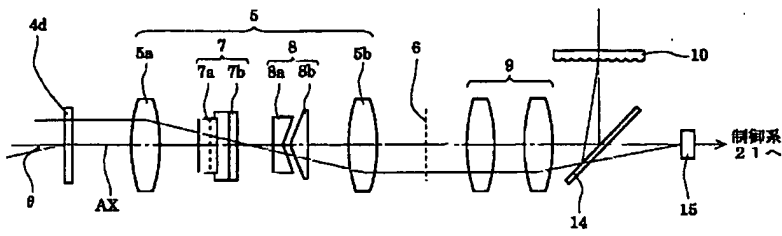
【図2】



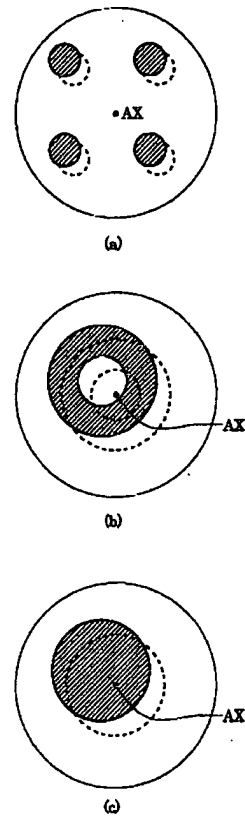
【図5】



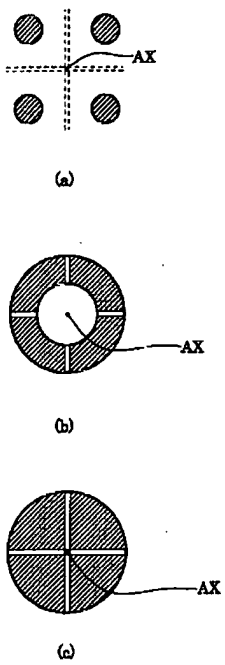
【図3】



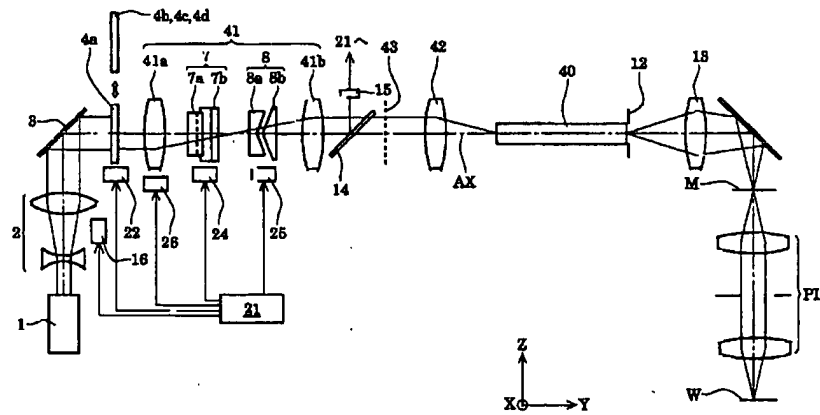
【図4】



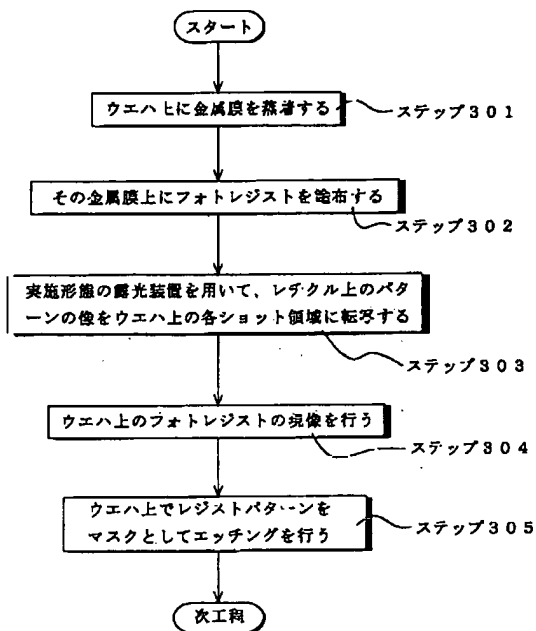
【図6】



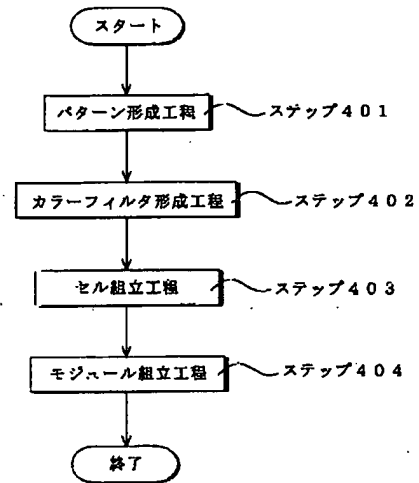
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H052 BA02 BA06 BA08 BA12  
5F046 BA03 CA04 CB01 CB10 CB12  
CB13 CB23 DA01 DB01 DB12  
DC02